

複雑系と情報

情報文化学部情報文化学科 吉田 友敬

1. 複雑系とは何か?

(1) 複雑系の定義

- ・自然・生命・社会など、非常に多数の要素が互いに相互作用しながら変化していくシステム。
- ・全体の作用が個々の要素の和以上になる。
- ・非線形性 ---- $1+1=2$ にならない。

(2) 複雑系の持つ特徴

- ・非線形性、複雑な性質、無秩序の中の法則性
- ・ゆらぎ、フラクタル、カオス、非線形引き込み現象等

2. リズムとゆらぎ

(1) 生体リズムとゆらぎ

- ・心拍や脳波は常にゆらいでいる(健康状態)
- ・生体リズムの柔軟性 ---- 時差ボケからの回復等

(2) $1/f$ ゆらぎとは何か

- ・完全に不規則なゆらぎと予測できる変動の中間の性質を持つゆらぎ
- ・周期的成分の強さが周期に比例する(周波数に反比例する)
- ・心拍、せせらぎ、そよ風、木目、音楽等

(3) 音楽と $1/f$ ゆらぎ

- ・モーツァルトなどの曲の周波数変動は $1/f$ ゆらぎといえる。
- ・リズムも $1/f$ にゆらいでいる。

(4) $1/f$ ゆらぎの問題点

- ・なぜ心地よいのかという理由が真に解明されていない。
- ・統計的性質であり、リズム内の構造(音楽の内容)との対応付けができない。

3. フラクタル

(1) フラクタルとは

- ・自分自身の中に自分と相似の小さな自分を多数含んでいること(自己相似性)
- ・元はコッホ曲線などの純粹に幾何学的な模様
- ・コンピュータの発達とともに複雑で美しい模様を見ることができるようになった。

(2) フラクタルと自然、宇宙、生命

- ・フラクタル図形に確率的要素を加えると自然の風景などにそっくりの図形ができる。
- ・自然の風景の原理、美の原理としてのフラクタル。

(3) フラクタルと音楽

- ・音楽の中にある自己相似性
- ・フラクタルとフーガ(カノン)
- ・時間軸上のフラクタルとしての $1/f$ ゆらぎ

4 . カオスの縁と音楽

(1) カオスとは何だろうか

- ・決定論的システムから発生する予測不可能な現象。
- ・法則性を背後にも積む秩序な現象。
- ・周期倍化カオスと間欠カオス。

(2) 複雑さとカオスの縁

- ・非線形システムはパラメータによって規則的状态から不規則的状态へ変化する。
- ・秩序相と無秩序相の境界領域に最も複雑性の高い状態が存在する。
- ・カオスの縁における間欠性、カオスの遍歴

(3) カオスの縁と音楽

- ・音楽はカオスか?
- ・秩序パラメータによる音楽の分析

5 . リズムの引き込み現象

(1) 引き込み現象とは何か

- ・非線形な振動子(リズム)同士が自然に同調していくこと
- ・日常の世界には、多くの引き込み現象が存在している。

(2) 生命現象における引き込み現象の詳細な観察

- ・生命などの高度な複雑系における引き込み現象は単なる同調ではない。
- ・ゆらぎや自由度の変化、同調からの逸脱が見られる。
- ・柔らかい引き込み現象と音楽

(3) 聴覚を含む生体現象と引き込み

- ・視覚、聴覚刺激に対するアルファ波の引き込み
- ・呼吸の同調と引き込み、心拍の呼吸性動揺とリラックス
- ・音声の刺激に対する脳波の反応についての従来の見方

6. 高次の生体现象のモデル化の問題

- (1) 対象となる生体情報
脳波、心拍、呼吸等
聴覚、視覚におけるパターン認識
学習、記憶と生理指標
無意識の行動と意識化された行動
芸術表現

(2) モデル化の問題点

- ・多くの生体现象は、確率性と秩序性の狭間にある
- ・上記の両者を含むような数理的モデルが幾種も提案されてきた。

カオスの遍歴 --- 多自由度の系における特定のカオス状態から別のカオス状態へと、確率的に遷移する

確率共鳴現象 --- 外部からのノイズによって、生体内の周期現象が増幅される
ヘテロクリニック点 --- 平行点において安定性と不安定性が混在する部分が生体内現象のモデル化に関わるとする考え方

非線形引き込み現象 --- 上述を参照

7. 音楽のモデル化の背後に存在する対照的な論理構造

(1) 音楽のフレーズ理論

認知的モデル（構造主義起源）----- 期待と確信、暗意と実現

韻律的モデル（ギリシャ詩、グレゴリオ聖歌等）----- アルシスとテーシス

言語構造の反映 ----- 主語と述語、修飾語と被修飾語（2枝構造）

弁証法的論理構造 ----- 正・反・合（3項図式）

(2) 自然科学的モデル化

実証主義的 --- 実験、シミュレーション

形式論理的 --- 演繹、帰納

恣意性の排除 --- 確率的、または、決定論的

8. 芸術や生体情報を通じたモデル化手法の融合可能性

音楽などの芸術 --- 意識と無意識の境界 恣意性と確率性の併存

音楽的モデルと自然科学的モデルの併存

両モデルの融合は可能か？

脳波の音楽モデル？（発表者の妄想的仮説です）

参 考 文 献 ~ 入手しやすいものを中心として ~

- [1] 吉永良正、『複雑系とは何か』、講談社現代新書、1996年
- [2] 今野紀雄、『図解雑学 複雑系』、ナツメ社、1998年
- [3] 井庭崇、福原義久、『複雑系入門』、NTT出版、1998年
- [4] 武者利光、『ゆらぎの世界』、講談社ブルーバックス、1980年
- [5] 山口昌哉、『カオスとフラクタル』、講談社ブルーバックス、1986年
- [6] 井上政義、『カオスと複雑系の科学』、日本実業出版社、1996年
- [7] 清水博、『生命を捉えなおす 増補版』、中公新書、1990年
- [8] 清水博、『生命知としての場の論理』、中公新書、1996年
- [9] B.C.J.ムーア、大串健吾監訳、『聴覚心理学概論』、誠信書房、1994年
- [10] 梅田規子、『おしゃべりはリズムにのって』、オーム社、1997年
- [11] 苧坂真理子、『ワ - キングメモリ ~ 脳のメモ帳』、新曜社、2002年
- [12] 金子邦彦他、『複雑系のカオス的シナリオ』、朝倉書店、1996年
- [13] 吉田他、『音楽リズムの同調と引き込み現象(1)』、音楽知覚認知学会平成14年度秋季研究発表会予稿集、2002年、pp79-86

以 上